

- EPODOC / EPO

PN - JP10058187 A 19980303  
 PD - 1998-03-03  
 PR - JP19960218207 19960820  
 OPD - 1996-08-20  
 TI - WELDING MATERIAL FOR HIGH STRENGTH FERRITIC HEAT RESISTANT  
 STEEL  
 IN - KOMAI NOBUYOSHI; MASUYAMA FUJIMITSU; YOKOYAMA TOMOMITSU  
 PA - MITSUBISHI HEAVY IND LTD  
 IC - B23K35/30 ; B23K9/23 ; C22C38/00 ; C22C38/54  
 - WPI / DERWENT

TI - Welding material for high strength ferrite based heat  
 resisting steel used in boiler of chemical, nuclear power plant -  
 has suitable composition comprising corresponding compounds of  
 specific weight percentage, which satisfy predetermined relations

PR - JP19960218207 19960820  
 PN - JP10058187 A 19980303 DW199819 B23K35/30 006pp  
 PA - (MITO) MITSUBISHI JUKOGYO KK  
 IC - B23K9/23 ; B23K35/30 ; C22C38/00 ; C22C38/54  
 AB - J10058187 The material includes 0.03-0.08 wt.% of C,  
 0.01-0.3 wt.% of Si, 0.01-0.3 wt.% of Mn, 0.002-0.025 wt.% of P,  
 0.001-0.015 wt.% of S, 0.8-2.5 wt.% of Cr, 0.01-0.5 wt.% of Ni,  
 0.01-0.3 wt.% of Mo, 0.01-0.5 wt.% of V, 0.1-2 wt.% of W,  
 0.01-0.2 wt.% of Nb, 0.03-0.5 wt.% of Re, 0.003-0.05 wt.% of Al,  
 0.0001-0.01 wt.% of B and 0.003-0.3 wt.% of N. The remainder is  
 constituted by Fe and an irreversible impurity. The composition  
 is such that the relations,  $Mo/3+W/2+Re > 0.5\%$ ,  
 $C+Si/30+Mn/20+Ni/60+Cr/20+Mo/15+V/10+W/7+Re/3+5*B < 0.45\%$  are  
 satisfied.

- ADVANTAGE - Avoids need for pre-heating after ripening.  
 Improves work property. Enhances reliability of welding  
 connector.

- (Dwg.1/1)

OPD - 1996-08-20  
 AN - 1998-211328 [19]  
 - PAJ / JPO

PN - JP10058187 A 19980303  
 PD - 1998-03-03  
 AP - JP19960218207 19960820  
 IN - KOMAI NOBUYOSHI; MASUYAMA FUJIMITSU; YOKOYAMA TOMOMITSU  
 PA - MITSUBISHI HEAVY IND LTD  
 TI - WELDING MATERIAL FOR HIGH STRENGTH FERRITIC HEAT RESISTANT  
 STEEL  
 AB - PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a welding material that is  
 used in high temperature environment of 500 deg.C or above.  
 - SOLUTION: This welding material consists of, by weight%,  
 0.03-0.08% C, 0.01-0.3% Si, 0.01-0.3% Mn, 0.002-0.025% P,  
 0.001-0.015% S, 0.8-2.5% Cr, 0.01-0.5% Ni, 0.01-0.3% Mo,  
 0.01-0.5% V, 0.1-2% W, 0.01-0.2% Nb, 0.03-0.5% O, 0.003-0.05% Al,  
 0.0001-0.01% B, and 0.003-0.03% N, with the remainder Fe and  
 inevitable impurities. In addition, the weld material satisfies  
 such relation as  $Mo/3+W/2+Re <= 0.5\%$  and  
 $C+Si/30+Mn/20+Ni/60+Cr/20+Mo/15+V/10+W/7+Re/3+5*B <= 0.45\%$ ,  
 enabling post heating process to be omitted.  
 I - B23K35/30 ; B23K9/23 ; C22C38/00 ; C22C38/54



(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-58187

(43)公開日 平成10年(1998)3月3日

(51)Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所
B 23 K 35/30 9/23	3 2 0		B 23 K 35/30 9/23	3 2 0 D C
C 22 C 38/00 38/54	3 0 1		C 22 C 38/00 38/54	3 0 1 Y

審査請求 未請求 請求項の数1 O.L (全6頁)

(21)出願番号 特願平8-218207

(22)出願日 平成8年(1996)8月20日

(71)出願人 000006208  
三菱重工業株式会社  
東京都千代田区丸の内二丁目5番1号  
(72)発明者 駒井 伸好  
長崎県長崎市深堀町五丁目717番1号 三  
菱重工業株式会社長崎研究所内  
(72)発明者 増山 不二光  
長崎県長崎市深堀町五丁目717番1号 三  
菱重工業株式会社長崎研究所内  
(72)発明者 横山 知充  
東京都千代田区丸の内二丁目5番1号 三  
菱重工業株式会社内  
(74)代理人 弁理士 内田 明 (外2名)

(54)【発明の名称】 高強度フェライト系耐熱鋼用溶接材料

(57)【要約】

【課題】 500°C以上の高温環境下で使用される高強度フェライト系耐熱鋼用溶接材料に関する。

【解決手段】 重量%で、C:0.03~0.08%、  
Si:0.01~0.3%、Mn:0.01~0.3%、  
P:0.002~0.025%、S:0.001~  
0.015%、Cr:0.8~2.5%、Ni:0.0  
1~0.5%、Mo:0.01~0.3%、V:0.0  
1~0.5%、W:0.1~2%、Nb:0.01~  
0.2%、Re:0.03~0.5%、Al:0.00  
3~0.05%、B:0.0001~0.01%、N:  
0.003~0.03%を含み残部は鉄及び不可避的不  
純物からなり、さらに、Mo/3+W/2+Re≥0.  
5%及びC+Si/30+Mn/20+Ni/60+C  
r/20+Mo/15+V/10+W/7+Re/3+  
5×B≤0.45%の関係を満たしている予後熱省略可  
能な高温強度フェライト系耐熱鋼用溶接材料。

1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 重量%で、C:0.03~0.08%、Si:0.01~0.3%、Mn:0.01~0.3%、P:0.002~0.025%、S:0.001~0.015%、Cr:0.8~2.5%、Ni:0.01~0.05%、Mo:0.01~0.3%、V:0.01~0.5%、W:0.1~2%、Nb:0.01~0.2%、Re:0.03~0.5%、Al:0.003~0.05%、B:0.0001~0.01%、N:0.003~0.03%を含み残部は鉄及び不可避の不純物からなり、さらに、Mo/3+W/2+Re $\geq$ 0.5%及びC+Si/30+Mn/20+Ni/60+Cr/20+Mo/15+V/10+W/7+Re/3+5xB $\leq$ 0.45%の関係を満たすことを特徴とする予後熱省略可能な高温強度フェライト系耐熱鋼用溶接材料。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は高温高圧下で使用される蒸気発生器、ボイラ等の熱交換器など、特に500°C以上の高温環境下で使用される高強度フェライト系耐熱鋼の溶接に好適な溶接材料に関する。

## 【0002】

【従来の技術】ボイラ、化学工業、原子力用などの高温耐熱耐圧部材としては、オーステナイト系ステンレス鋼、Cr含有量が9~12%の高Crフェライト鋼、2·1/4Cr-1Mo鋼に代表される低Crフェライト鋼、炭素鋼などがあるが(以下、合金成分の含有量はすべて重量%を意味する。)、これらは対象部材の使用温度、圧力、使用環境などに応じ、かつ経済性を考慮して選択されている。それの中でも、高強度の低Cr系フェライト鋼が盛んに研究開発され、実用化されている。高強度低Cr系フェライト鋼は比較的安価であるという理由で、今後ますます使用量が増えていくも予想されている。しかし、それらの高強度低Cr系フェライト鋼に使用する溶接材料の開発は遅れており、また、コストダウンの観点から、より作業性に優れた溶接材料が望まれている。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】そこで本発明は溶接後の溶接金属が既存の高強度フェライト系耐熱鋼と同等以上の高温強度を有し、溶接時に予熱や後熱処理省略可能な溶接金属の韌性に優れた低Crフェライト系耐熱鋼用溶接材料を提供するものである。

## 【0004】

【課題を解決するための手段】本発明は、従来添加元素として用いられていなかったRe元素を添加した溶接材料であって、重量%で、C:0.03~0.08%、Si:0.01~0.3%、Mn:0.01~0.3%、P:0.002~0.025%、S:0.001~0.

2

015%、Cr:0.8~2.5%、Ni:0.01~0.5%、Mo:0.01~0.3%、V:0.01~0.5%、W:0.1~2%、Nb:0.01~0.2%、Re:0.03~0.5%、Al:0.003~0.05%、B:0.0001~0.01%、N:0.003~0.03%を含み残部は鉄及び不可避の不純物からなり、さらに、Mo/3+W/2+Re $\geq$ 0.5%及びC+Si/30+Mn/20+Ni/60+Cr/20+Mo/15+V/10+W/7+Re/3+5xB $\leq$ 0.45%の関係を満たすことを特徴とする予後熱省略可能な高温強度フェライト系耐熱鋼用溶接材料を提供するものである。以下に各成分の作用とその含有量の選定理由を説明する。

## 【0005】

【発明の実施の形態】CはCr、Fe、W、V、Nbと結合して炭化物を形成し、高温強度に寄与するとともに、それ自身がオーステナイト安定化元素として組織を安定化する。0.03%未満では炭化物析出が不十分でクリープ破断強度が低く、また、0.08%を越えると場合は炭化物が過剝析出して溶接金属が著しく硬化し衝撃特性が悪化する。また、溶接作業性もCの添加量に比例して悪くなるため、Cの適正含有量は0.03~0.08%である。

【0006】Siは脱酸剤として働き、0.3%を越えると韌性が著しく低下し、強度に対しても有害である。Siの含有量は0.01~0.3%とする。

【0007】Mnは組織の安定化に有効であるが、0.01%未満では十分な効果が得られず、0.3%を越えると溶接金属を硬化させる。よってMnの含有量は0.01~0.3%とする。

【0008】P、Sはいずれも韌性、加工性に有害な元素で、Sが極微量であっても粒界や $Cr_2O_3$ スケール皮膜を不安定にし、強度、韌性低下の原因となるから、上記の許容範囲内でもできるだけ少ないほうがよい。不可避的な含有量として、Pは0.002~0.025%、Sは0.001~0.015%とした。

【0009】Crは耐熱鋼の耐酸化性、高温腐食性の点から不可欠な元素であり、その含有量が0.8%未満では十分な耐酸化性、高温腐食性が得られない。一方2.

40 5%を越えて添加すると、むしろ強度と韌性を損ない経済性の観点からも不利となる。従って、Crの含有量は0.8~2.5%とする。

【0010】Niはオーステナイト安定化元素であり、かつ韌性改善に寄与するが、その含有量が0.5%を越えると高温クリープ強度を損なう。また経済性を鑑みて大量添加は不利である。従ってNiの含有量は0.01~0.5%とする。

【0011】VはC、Nと結合してV(C, N)等の微細析出物を形成する。この析出物は高温での長時間クリープ強度の向上に大きく寄与するが、0.01%未満で

50

三

は十分な効果が得られず、0.5%を越える場合にはかえってクリープ強度と韌性を損なう。よって、Vの適正含有量は0.01~0.5%である。

【0012】Moはクリープ強度の向上に有効であるが、0.01%以下では十分な効果が得られず、0.3%を越えると高温で金属間化合物が析出し韌性が低下するだけでなく、強度に対しても効果がなくなる。従って、0.01~0.3%とした。

【0013】Wは固溶強化及び微細炭化物析出強化元素としてクリープ強度の向上に有効であり、特にMoとの複合添加により、さらに、クリープ強度を高めることができる。0.1%未満では効果がなく、2%を越えると鋼を硬化させ溶接作業性も損なうため0.1~2%の範囲とする。

【0014】Reの添加は本発明ワイヤ成分の特徴であり、添加量に比例してクリープ強度を高めることを見いたした。これは固溶強化によるものであるが、重要なことは同様の働きをするMoやWと同時添加しても、さらに、クリープ強度が増すことである。よって、経済性を考え0.03～0.5%とするのが適当である。

【0015】 $M_o$ 、W及びReについてはさらに、 $M_o/3 + W/2 + Re \geq 0$ 。5%の関係を満たすように添加する。これは、さまざまな化学成分の溶接金属の高温強度を調査した結果、その強度は $M_o$ 、W及びReの添加量と綿密な関係があり、それらは上記式で表したように、同量の添加量ではReは $M_o$ 及びWのそれぞれ3倍及び2倍の効果があることが明らかとなった。そこで、母材と同等以上の高温強度を保つために、上記式が0.5%以上となるようにする。

【0016】NbはVと同様、Nと結合してNb(C, N)を形成しクリープ強度に寄与する。特に600°C以下の比較的低温では著しい強度改善効果を示す。また、溶接金属の組織を微細化する効果もあり、適量であれば韌性改善にも効果がある。0.01%未満では上記の効果が得られず、また0.2%を越える場合は未固溶NbCが増えクリープ強度と韌性を損なう。したがって、Nb含有量は0.01%~0.2%が適当である。

【0017】AIは脱酸素元素として必須であり、含有量として0.003%以下では効果がなく、0.05%

4

を越える場合はクリープ強度を損なうためA1含有量は0.003~0.05%とする。

【0018】Bは極微量の添加により炭化物の分散、安定化させる効果がある。0.0001%未満ではその効果が小さく、0.01%を越えると加工性を損なうから、Bの添加はその含有量を0.0001~0.01%の範囲するのがよい。

【0019】NはV, Nbとの炭窒化物形成に必要で0.003%未満ではその効果がない。しかしながら

10 0.03%を越える場合は組織が微細化するとともに  
窒化物が粗大化し、強度と韌性を損なう。よってNの含有量は0.03%以下とし、0.003~0.03%とする。

【0020】C, Cr, Mo, V, W, Re及びBについてはさらに、 $C + Si / 30 + Mn / 20 + Ni / 60 + Cr / 20 + Mo / 15 + V / 10 + W / 7 + Re / 3 + 5 \times B \leq 0.45\%$ を満たす添加する。これは上記式を満たす範囲であれば、予後熱を省略しても溶接金属に割れの発生がなく、溶接作業性に悪影響を与えないことを見いだしたからである。0.45%を越える場合は溶接金属中に割れが発生したり、作業性が悪くなる。

【実施例】厚さ: 20 mmの2. 25Cr-0. 1Mo-1. 6W-V-Nb鋼で図1に示すような開先(被溶接材1の厚さ  $t = 20$  mm、開先角度  $\theta = 20^\circ$ 、裏当材2使用でルートギャップ  $L = 20$  mm)を形成し、表1に示す成分組成のワイヤ径: 1. 6 mmの溶接ワイヤを用い、表2に示すような溶接条件で予熱を行わずに(室温で溶接) TIG溶接した。その溶接の際には溶接

30 作業性を評価するようにした。得られた溶接金属には後熱処理（応力除去焼鈍）を省略し、クリーブ破断試験片とシャルピー衝撃試験片を採取した。クリーブ破断試験は試験温度を650°Cとし、応力は70 MPa及び100 MPaとした。シャルピー衝撃試験は0°Cにて2mm Vノッチ試験片により、衝撃試験を実施した。表3に試験結果を示す。

10022

【表1】

表 1

区分	ワ イ ヤ	ワイヤ化学成分(重量%)													Mo/3 +W/2	C+Si/30+Mn/20 +Ni/60+Cr/20 +Mo/15+V/10 +W/7+Re/3+SB		
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	V	W	Nb	Re	Al	B			
本 発 明 例	T1	0.04	0.08	0.15	0.010	0.005	1.23	0.05	0.05	0.21	1.28	0.08	0.23	0.008	0.009	0.012	0.89	0.441
	T2	0.05	0.08	0.23	0.008	0.003	1.46	0.12	0.03	0.23	1.36	0.06	0.1	0.009	0.008	0.011	0.79	0.431
	T3	0.06	0.07	0.23	0.007	0.007	2.23	0.26	0.02	0.23	0.58	0.08	0.25	0.013	0.004	0.008	0.80	0.414
	T4	0.03	0.08	0.11	0.003	0.012	2.43	0.48	0.15	0.18	1.08	0.05	0.12	0.013	0.006	0.004	0.71	0.420
	T5	0.05	0.05	0.05	0.004	0.009	2.34	0.38	0.06	0.23	0.32	0.03	0.42	0.011	0.008	0.020	0.61	0.432
	T6	0.06	0.21	0.12	0.009	0.008	2.34	0.43	0.02	0.33	0.63	0.13	0.23	0.007	0.004	0.008	0.55	0.418
	T7	0.04	0.12	0.03	0.008	0.007	2.36	0.42	0.11	0.18	1.02	0.15	0.12	0.004	0.008	0.011	0.57	0.422
	T8	0.03	0.21	0.15	0.024	0.004	0.83	0.44	0.08	0.29	1.35	0.08	0.23	0.008	0.008	0.003	0.93	0.427
	T9	0.04	0.13	0.12	0.021	0.011	2.31	0.38	0.02	0.26	1.23	0.02	0.06	0.026	0.005	0.008	0.68	0.420
比 較 例	T10	0.03	0.43	0.45	0.008	0.005	2.26	0	1.06	0	0	0	0	0.010	0	0.008	0.35	0.251
	T11	0.08	0.36	0.72	0.008	0.006	3.05	0.67	0.91	0	0	0.04	0	0.030	0	0.150	0.30	0.352
	T12	0.06	0.33	0.34	0.009	0.008	2.31	0	1.12	0	1.68	0	0	0.007	0	0.014	1.20	0.515
	T13	0.07	0.46	0.54	0.006	0.008	2.44	1.84	1.03	0	0	0	0	0.006	0	0.022	0.34	0.334
	T14	0.09	0.67	0.38	0.004	0.009	0.93	0.53	0.53	4.38	0	0	0	0.013	0	0.006	1.46	0.479
	T15	0.07	0.44	0.44	0.018	0.004	3.10	0.36	1.29	0.03	0	0.05	0	0.011	0	0.080	0.43	0.357
	T16	0.02	0.35	0.86	0.010	0.006	2.36	0.64	1.25	0.31	0	0.2	0	0.006	0	0.003	0.42	0.318
	T17	0.03	0.23	0.65	0.007	0.006	2.38	0.66	0.23	0.34	2.38	0.1	0.45	0.004	0.013	0.021	1.72	0.805
	T18	0.13	0.78	0.78	0.028	0.008	2.38	0.31	0.35	0.35	1.12	0.09	1.58	0.007	0.014	0.010	2.24	1.128
	T19	0.26	0.46	1.31	0.028	0.012	2.65	1.20	0.64	0.33	1.88	0.03	1.06	0.008	0.008	0.026	2.21	1.231

【0023】

\* \* 【表2】

表 2

電流	電圧	溶接速度	入熱	予熱	後熱処理
(A)	(V)	(cm/mm)	(kJ/cm)		
170 ~ 230	10 ~ 24	7 ~ 12	1.1 ~ 2.3	なし(室温)	なし

【0024】

\* \* 【表3】

区分	ワイヤ	クリープ破断特性		衝撃特性 0°C吸収エネルギー(J)	割れ 発生率 (%)	溶接 作業性
		850°C, 100MPa クリープ破断時間(h)	850°C, 70MPa クリープ破断時間(h)			
本発明	T1	17892	41984	178	0	◎
	T2	15635	38925	156	0	◎
	T3	10568	28754	165	0	◎
	T4	18531	36527	188	0	◎
	T5	12354	30254	238	0	◎
	T6	10687	27040	257	0	◎
	T7	12654	31378	206	0	◎
	T8	18135	44231	278	0	◎
	T9	15687	34227	223	0	◎
比較例	T10	231	657	27	10	○
	T11	86	234	34	43	×
	T12	2874	7821	41	65	△
	T13	157	451	68	0	○
	T14	3654	10343	21	15	△
	T15	2078	5839	10	0	○
	T16	836	2344	47	0	○
	T17	14635	38273	32	70	×
	T18	1358	42345	21	93	×
	T19	13258	41128	13	85	×

\* 溶接作業性については、既存の2.25Cr-1Mo鋼用溶接材料と比較して、作業性が優れたものを◎、同程度のものを○、やや劣っているものを△、明らかにさらに劣っているものを×で示した。

【0025】ワイヤT1～T9はいずれも本発明の要件を満たしており、溶接金属はベイナイト単相組織となつた。本発明の溶接材料で溶接した溶接金属はクリープ破断特性については近年開発された高強度フェライト鋼の強度をも越えており、また、衝撃特性についても、吸収エネルギーで150J以上と、予熱後熱を省略しても高強度と韌性を兼ね備えた溶接材料であることが確認された。なお、本発明溶接材料を現在の一般的な溶接条件で施工した場合の特性についても、予熱後熱を省略した場合と同等であった。

【0026】ワイヤT10～T19は比較例を示す。ワイヤT10は通常の耐熱鋼用として使用されている2.25Cr-1Mo系ワイヤの例である。本発明範囲外の成分となっており、予熱なしでは、溶接金属に割れの発生が認められ、衝撃特性も低いものであった。T11～T19も本発明範囲外の成分となっている。T11はMo/3+W/2+Re=0.30%であり、クリープ破断特性が悪く、また、溶接作業性も悪い。

【0027】T12、T14、T17、T18及びT19はクリープ破断特性に優れているが、いずれもC+Si/30+Mn/20+Ni/60+Cr/20+Mo/15+V/10+W/7+Re/3+5xB>0.4\*

\* 5%となっており、割れの発生と溶接作業性が悪く、実用に耐えられない。

【0028】T13、T15及びT16は溶接作業性は比較的良好であるものの、T13及びT16はクリープ破断強度は低く、またT15では、衝撃特性が最も悪い。

【0029】以上から、比較例ではクリープ破断特性、衝撃特性及び溶接作業性を全て満たすようなものではなく、予熱後熱なしには使用できない溶接材料であることがわかる。

#### 【0030】

【発明の効果】本発明溶接材料は従来の2.25Cr-1Mo鋼用溶接ワイヤと比較して、高温でのクリープ強度を著しく高めたものであり、韌性及び作業性などの特性にも優れている。各種発電用ボイラ、化学圧力容器などに使用される低Crフェライト系耐熱鋼を溶接する際に本発明の溶接材料を使用することにより、溶接継手の信頼性を大幅に向上できるとともに、予熱後熱を省略でき、工作性が改善される。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の溶接材料を用いて溶接する際の開先形状を示す図。

【図 1】

